数字电视节目响度规范及制作端响度控制研究

朱俊岚
（上海广播电视台东方卫视中心制作部，上海 200125）

摘　要：数字电视节目具有较高的清晰度和较短的时间延时，能够给观众带来更大的美感，因此成为了近年来发展的热点。本文中，作者从响度的概念出发，解释了数字电视信号响度的作用和意义，结合电视节目响度测量方法以及标准，提出了数字电视节目制作端的响度影响因素和控制方法，相关成果具有一定的可借鉴性。

关键词：数字电视；声音响度；响度影响因素；控制方法；音频信号　　**中图分类号**：TN941.2　　**文献标识码**：A
文章编号：1671-0134（2021）08-146-03　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2021.08.044
本文著录格式：朱俊岚 . 数字电视节目响度规范及制作端响度控制研究 [J]. 中国传媒科技，2021（08）：146-148.

1. 数字电视节目响度的概念及作用

1.1　音频信号响度的概念及影响因素

响度是人耳听觉对声音强弱的主观感觉，与信号电平、频率、听音者个人的情况以及听音环境相关，主要有以下三种影响因素。

1.1.1　响度与频率的关系

响度与音频信号的频率相关。多数电视音频工作者都比较熟悉响度与频率的关系：人耳对不同频率声音的响度感觉是不同的，听觉上具有相同响度级的纯音乐信号，如果频率不同，声压级并不相同。通过等响曲线图可以清楚看到，在不同的频率条件下，响度相同的时候，需要的声压级是不一样的，响度与频率的关系如图 1 所示。

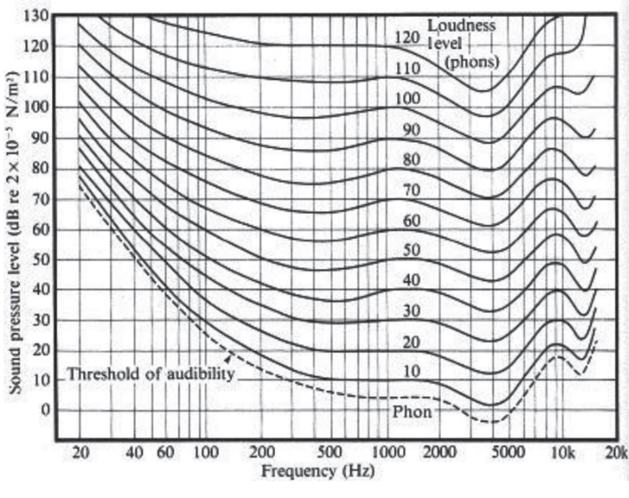


图 1　纯音标准等响曲线图

1.1.2　响度与信号电平的关系

从声学角度来说，响度与声压之间成对数关系，对相同的信号，随着声压级增加响度也增加。所以在相同的还音条件下、对同一个的音频信号，电平增加时还音的声压级就会增大；但响度同时体现人耳的主观听觉特性，而电平是一个客观物理量，对于不同频率的信号，电平相同时响度可能不同；所以对于同样音频的信号，电平与响度是正相关的，电平增加响度也会提高。[1]

1.1.3　响度与时间的关系

响度与声音的持续时间相关。听觉具有记忆功能，测试结果证明：在 100ms—200ms 模式的持续时间以内，声音的响度随持续时间的增加而增大。因此节目声音的持续长度或者密集成度，与这个节目音频信号的电平值同时对该节目的响度产生影响。

从上面的分析可知，响度是一个和人主观评价相关的物理量，它受到信号源电平、信号源频率、传输设备、播放设备等因素的综合的影响。

1.2　数字电视节目响度对节目和电视受众的作用

电视节目的声音信号最终需要传输到节目接收端，由电视节目的受众对画质和声音信号做出主观感受和判断。如果不同来源或类型的数字电视节目的平均响度适度一致，受众就可以更好地享受节目，这样切换观看不同频道电视或者观看不同类型节目时，心理上的声音响度感受是恒定的，不会因较大的波动和起伏而引起心理不适；如果电视节目的声音响度不一致，那么观众在收看不同节目或者进行电视节目频道切换时，就会感受到音量的跳跃，从而需要不停地声量调节，影响收视体验。此外在不同媒体的节目交换过程中，因为响度和电平标准的差异，在节目上载过程中进行信号电平响度等幅度处理，还会影响声音的动态和信噪比。因此数字电视节目的制作、播出和分发环节的节目平均响度如能达到适度一致，将更方便不同用户的使用，也能确保电视节目的声音质量和音量的统一，提高受众满意度。

结合数字电视节目响度标准的制定过程，可以清晰的理解响度对受众的作用。根据相关资料显示，为制定我国数字节目据平均响度的标准，进行了如下测试和统计：先用音频工作站播放响度为 -24dBFS 的 1KHz 单声道测试信号，调整输出增益，使重放声压级为 60 dB SPL。再播放测试节目信号，保持输出增益不变，用音频工作站调整节目音频信号增益，使重放声压级分别为从 50 dBA SPL 到 80 dBA SPL，产生 7 个测试序，并以随机顺序播放给评价员进行主观评价，评价结果显示最合适的声压级为 65 dBA。65 dBA 对应的音频信号的响度，根

据测试系统校准结果进行增益补偿，可得最舒适的响度值为 –23 LKFS，较标准规定的数字电视节目的平均响度目标值高 1LU。[3] 综合考虑了国际间节目交换的标准，最终定为 –24dBFS ± 2LU（dB）。

2. 数字电视节目响度测量方法及标准

2.1 音频信号响度的计算方法

目前最为广泛应用的响度算法，是国际电联 ITU–R BS.1770 系列中测量音频节目响度和真峰值音频电平的算法。这一算法对音频信号用两个二阶滤波器的级联，实现对人响度感觉的模拟，经过滤波后的频率响应曲线被称为“K 计权”，K 计权曲线与等响度曲线以及以等响度曲线为基础的 A 计权曲线的趋势相反。音频信号通过前置滤波器过滤并通过 leq（ RLB ）滤波器加权，算出的加权均方电平即为节目响度，绝对响度单位为 LKFS。[2]

2.2 数字电视信号响度测量

由于数字电视信号可能包括单声道、立体声和环绕声这些格式，因此需要有能够应用于单声道、立体声和多声道音频信号响度测量的算法。在测量多声道信号的响度时，与单声道响度算法相同，先对各声道进行“K”频率加权，再计算出各声道能量均方值，随后对各个声道加权求和，从而提供一个合成的响度测量值。

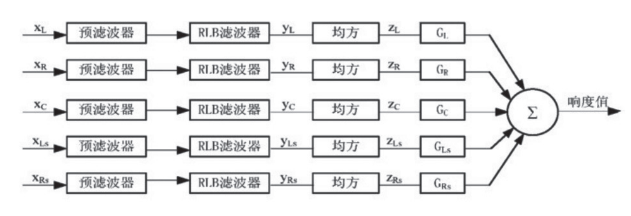


图 2　多声道声音信号响度测量算法流程图

根据人的听觉特性，从收听者后面到达的声音比从前面到达的声音在感觉上响度更高，因此计算多声道信号的响度时，各声道的权重系数并不相同，环绕声道的权重较高，且不包括 LFE 声道。

表 1　各音频通道加权

声道	加权
左	1.0（0dB）
右	1.0（0dB）
中置	1.0（0dB）
左环绕	1.41（~+1.5dB）
右环绕	1.41（~+1.5dB）

2.3 数字电视节目响度的标准

2014 年底，广电总局发布了《数字电视节目平均响度和真峰值音频电平技术要求》（GY/T282–2014），并规定从 2015 年开始相关电视节目制作过程执行这一新的国家标准。该标准规定了数字电视节目制作、信号传输、分发等各个环节中，节目平均响度和真峰值音频电平的定量大小。与此同时，各种电视节目评比赛事也开始按照新的标准规范来对数字电视节目的声音品质进行评价，推动了该标准在制作传输等过程中的落地和广泛应用。

根据《数字电视节目平均响度和真峰值音频电平技术要求》（GY/T282–2014），该标准的适用范围是数字电视节目的制作、播出和分发环节。数字电视节目应符合的技术要求包括：

（1）应根据 GY/T 262 对节目响度进行测量，测量包括所有的音频声道（多至 5 声道，不包含低频效果声道）。

（2）数字电视节目应测量完整节目时长内的平均响度。

（3）数字电视节目的平均响度目标值应为 – 24LKFS。

（4）数字电视节目平均响度目标值容差范围为 ± 2LU，某机构（频道）提供的数字电视节目平均响度值不能长期处于该响度容差范围的上下两个边缘。

（5）如果数字电视节目使用元数据来标示节目平均响度，元数据的值应该与整个节目时长内的平均响度相对应。

（6）整个节目的最大真峰值音频电平应不超过 –2dB TP。[3]

3. 数字电视节目制作端响度影响因素及控制方法分析

进行数字电视节目响度控制时，首先需要对制作环节的响度进行合理调控，因为制作环节属于节目源头，控制好源头信号的响度，才能确保接收端的声音质量。进行制作环节响度控制，需要对响度影响因素进行分析，在此基础上提出有针对性的控制方法。

3.1 实时播出自动响度控制方法

对直播类节目，在直播过程中因为各类信号来源不统一，演播现场动态变化等各种因素引起节目声音响度波动，如果在播出的同时不能及时调整，就会产生播出响度不达标准导致节目音量越变。传统上，直播过程中会有录音师进行人工音量控制，以通过标准监听来校准，使响度保持在合理范围，但这种工作方式对突发的音量改变，人工难以及时反应。在电视台节目自动播出环节，均会采用压缩或者限幅器对播出信号峰值电平加以限制，这样保证节目电平不会过载失真；但根据前面的分析，仅仅控制电平并不一定能改变响度，所以需要在播出时进行实时响度控制，才能使频道的整体播出声音信号达到 GY/T 282–2014 这一标准。因此在实际操作中，需要在播出系统链路中加入响度控制设备，在播出时根据已设置好的参数和策略实时进行调控，对节目进行信号级的自动响度校正，实现自动监测、自动记录响度指标。

采用这种方式可以瞬时调整节目播出的响度，但也存在一定问题。首先增加了响度实时监测和调整设备会产生延时，通常会使声音滞后几十毫秒，既不符合总局的技术标准，也会使收视观众看到声音和画面不统一的现象，所以需要另外增加使声画同步的延时器调整时差。其次，响度实时控制只能简单的降低某个超标时间段的响度，而不能根据节目具体内容改变节目其他时间段的响度，会造成节目整体动态的损失，使播出声音质量下降。因此对于实时响度控制，多用于直播环节，录播节目尽量不宜采用这种控制方式。

3.2 利用响度表和非编软件对后期节目制作响度进行控制

目前在进行数字电视节目制作过程中，适合采用响度表对音频信号进行监控。目前东方卫视频道在环绕声节目制作过程中，使用的硬件是 RTW 响度表，混音时将响度中心读数控制在 -24LKFS，从而实现节目的整体响度控制。由于硬件 RTW 响度表的费用较高，根据实际工作情况声音后期多采用 Pro-tools 非线性软件进行制作，因此多选择软件插件的响度表。目前较多采用的是 TC 和 Waves 的响度表，前者功能丰富，后者经济实用。两者都可以在混音制作过程中进行实时响度监督，同时记录。

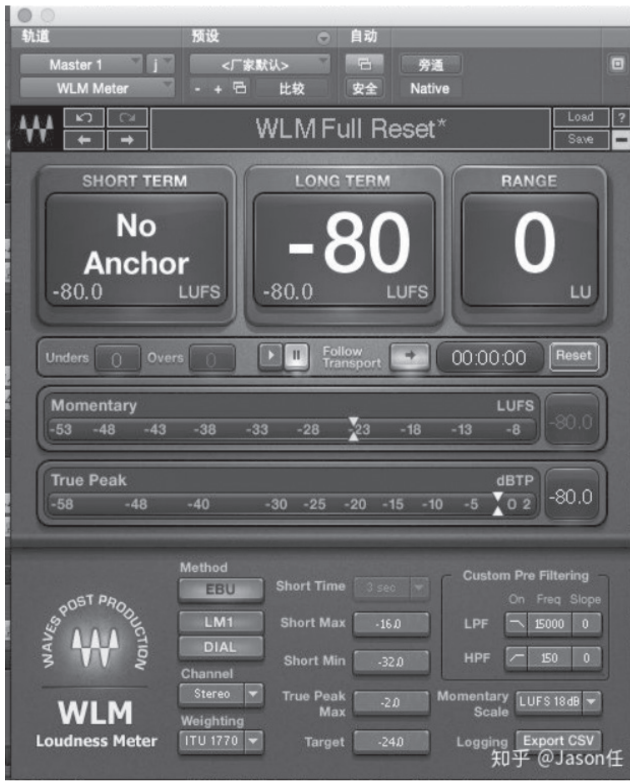


图 3 Waves 响度表插件界面图

以 Waves 响度表为例，它符合 ITU 1770-3、EBU 和 ATSC 标准规范，可以对 Momentary（瞬时响度）、Short Term（短时响度）、Long Term（长期响度）以及 True Peak（实际峰值）进行监测读数，还包括告警和日志系统，可以跟踪检测电平数据，当其超出范围或低于下限时会实时提醒。在必要时，增益和微调控制可对响度实现标准化和校正处理。该响度表同时支持支持单声道、立体声、5.0 声道、5.1 声道，不仅对响度进行监测，真峰值表头还可以监测瞬间峰值电平。在长期响度值的应用方面，根据 ITU 1770-3 标准，连续 30 分钟的播放时间内，测试平均响度在 -24dB LKFS 左右，这个参数很方便对电视节目进行整体响度控制，能够满足日常制作需要。

在后期节目制作过程中选择适当的响度表监测软件，对节目音频信号的响度进行控制，可以保留节目动态效果，获得较好的信噪比，是优先选择的制作工艺流程。

3.3 对上载节目进行监控和调整

在播出环节因为上载到播出系统的节目来源多样，节目伴音信号的响度需要统一。如重播较早期的节目时因为当时没有采取响度标准，节目听感差异较大；和网络媒体交流节目时，因为响度标准不同，会远远大于广播电视播出的响度标准。因此对各类节目进行统一调整，是保证播出信号响度统一的前提。这需要在播出前技术审片环节增加响度表审核，以达到国家要求的播出标准。

在节目上载环节，适合采取对整体文件进行响度控制处理。首先对文件进行响度分析，获得源文件的响度，根据目标值平移节目电平使其达标。在这一平移过程中，目标值的设定和限幅电平的设定非常关键，整体平移电平会产生信号过载，需要设置合理的保护值。对于加载了元数据的节目，可以方便进行目标响度调整。因为音频元数据携带音频制作信息、混音电平、动态范围控制、声道模式、下混控制以及对白电平等参数，使用元数据技术，可以根据电平参数，动态范围进行响度调控，这一技术目前还未广泛使用，需要进一步普及。

结语

数字电视节目以其高清晰、低失真、干扰少、信号幅度宽等优点，逐渐取代了传统的模拟信号电视节目，获得了广泛的应用。数字电视节目制作过程中，既需要保障良好的画质特点，也要注意对音质的控制，良好的音质特征配合高清的画面显示，接收环节观众才能获得理想的视听体验。本文中，笔者结合数字电视节目的响度概念，围绕响度的定义、电视观众者对于节目响度的反应以及我国数字电视节目制作响度的规范，分析了数字电视节目响度测量方法，主要包括 ITU 相关标准、响度和电平值之间的关系、数字电视信号声音响度的计算方法，从这些标准规范出发，提出了数字电视节目制作端响度影响因素和控制方法，包括进行实时播出自动响度控制、利用非编软件响度表插件对后期节目制作响度进行控制和节目上载过程的响度控制，等等。通过这些分析和控制方法能够获得良好的节目动态和音质，从而给电视节目接收端的观众带来良好的视听体验。本文所提出的相关方法经过工程实践证明了其有效性，可以为相关专业技术人员借鉴并提供理论指导。媒

参考文献

[1] 邓向冬，覃毅力，张建东 . 电视节目声音响度一致性研究 [A]. 第十七届中国科协年会——分 10 媒体融合论坛论文集 [C].2015.

[2] 孙雅彬，王鹏 . 电视节目响度监测系统初探 [J]. 中国传媒科技，2018（5）：82-83.

[3]（2014）.GY/T 282-2014. 国内 - 行业标准 - 行业标准 - 广播电影电视 CN-GY.

作者简介：朱俊岚（1974— ），女，上海，上海广播电视台东方卫视 副高级录音师，研究方向：音频工程，数字音频制作、音频后期制作。

（责任编辑：张晓婧）